

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-141147

(43)Date of publication of application : 26.05.1998

(51)Int.Cl.

F02M 25/07

F02D 21/08

F02D 41/02

(21)Application number : 08-303149

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

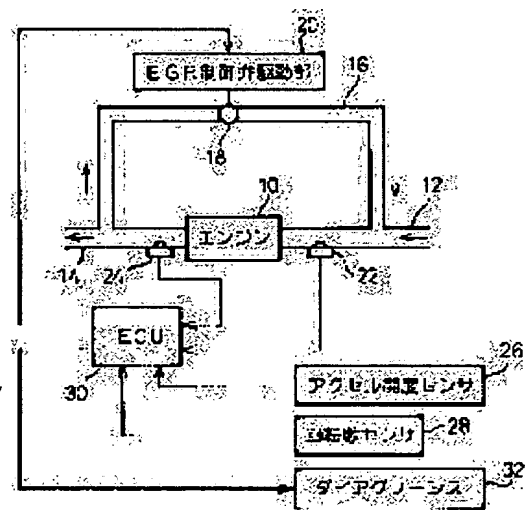
(22)Date of filing : 14.11.1996

(72)Inventor : FUKUMA TAKAO

(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH EGR DEVICE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an internal combustion engine with EGR device which can obtain an actually calculated EGR rate accurately.

SOLUTION: An internal combustion engine with EGR device which provides an air-intake oxygen level sensor 22 which detects an air-intake oxygen level, provided in downstream of an injunction between an air-intake passage 12 and an EGR passage 16 within an air-intake passage 16 and a calculating means for actually calculated EGR rate which is a ratio between an actual EGR rate and an actual air excessive rate based on the air-intake oxygen level, can obtain an high-accuracy actually calculated EGR rate in a quick response even under the transit operation of combustion engine, thereby the combustion quality of the internal combustion engine is well-monitored and the internal combustion engine is operated with a desired combustion condition with less NOx and smoke.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

04.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3518203

[Date of registration]

06.02.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The EGR path prepared so that an internal combustion engine's flueway and inhalation-of-air path might be opened for free passage, In the internal combustion engine with EGR equipment having the EGR control valve which controls the flow rate of the EGR gas which is formed in this EGR path and flows from said flueway to said inhalation-of-air path An oxygen density detection means to detect the inhalation-of-air oxygen density which is an oxygen density in the mixed inhalation of air of the new mind and EGR gas which are formed in said down-stream inhalation-of-air path from the unification section of said inhalation-of-air path and said EGR path, and are supplied to said engine, The internal combustion engine with EGR equipment characterized by providing an actual conversion EGR rate calculation means to compute the actual conversion EGR rate which is the ratio of the actual EGR rate which is the mixed rate of said EGR gas occupied to said inhalation of air, and an actual excess air factor from the detection value detected by this oxygen density detection means.

[Claim 2] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 characterized by computing the above-mentioned actual conversion EGR rate based on the predetermined equation of state in which the above-mentioned actual conversion EGR rate calculation means showed the condition of the above-mentioned inhalation of air which considered reflux of the exhaust gas generated by the above-mentioned internal combustion engine's combustion, and the detection value detected by the above-mentioned oxygen density detection means.

[Claim 3] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 characterized by actually computing a conversion EGR rate based on the following formulas with the above-mentioned actual conversion EGR rate calculation means.

$$(R/\lambda) = (a - x) (L_0) / (aL_0 + (b - aL_0) x)$$

R/λ: It is actually the oxygen density x:inhalation-of-air oxygen density L₀ in conversion EGR rate a:atmospheric air. : The theoretical quantity of air b required for combustion of the fuel per unit: Amount of the carbon dioxide generated by combustion of the fuel per unit, and water [claim 4] The above-mentioned actual conversion EGR rate calculation means is an internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 characterized by actually computing a conversion EGR rate from an inhalation-of-air oxygen density based on the predetermined relation in which the value of the above-mentioned actual conversion EGR rate will decrease if the value of the inhalation-of-air oxygen density detected by the above-mentioned oxygen density detection means increases.

[Claim 5] An operational status detection means to detect the above-mentioned internal combustion engine's operational status, and a target EGR rate calculation means to compute the target EGR rate corresponding to the detection value acquired by this operational status detection means, An actual excess-air-factor detection means to detect the actual excess air factor which is said internal combustion engine's actual excess air factor, An actual EGR rate calculation means to compute the actual EGR rate which is said internal combustion engine's actual EGR rate from the above-mentioned actual conversion EGR rate and said actual excess air factor, An internal combustion engine with EGR equipment given in any 1 term of claims 1-4 characterized by having the EGR rate control means which controls the opening of the EGR control valve arranged at the above-mentioned EGR path so that said actual EGR rate approaches said target EGR rate.

[Claim 6] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 5 characterized by

providing 1st failure decision means to judge that the above-mentioned EGR equipment is out of order when said deflection is larger than the predetermined value which is a reference value which judges failure of the above-mentioned EGR equipment, an EGR rate deflection calculation means to compute the deflection of the above-mentioned actual EGR rate and the above-mentioned target EGR rate, and.
[Claim 7] The above-mentioned EGR rate control means is an internal combustion engine with EGR equipment according to claim 5 characterized by carrying out feedback control of the opening of said EGR control valve based on the above-mentioned actual EGR rate and the above-mentioned target EGR rate so that said actual EGR rate may approach said target EGR rate.

[Claim 8] The internal combustion engine of the publication by any 1 term of claims 1-4 characterized by to have an operational-status detection means detect the above-mentioned internal combustion engine's operational status, a target conversion EGR rate calculation means compute the target conversion EGR rate corresponding to the detection value acquired by this operational-status detection means, and the conversion EGR rate control means that control the opening of the EGR control valve arranged at the above-mentioned EGR path so that said actual conversion EGR rate approaches said target conversion EGR rate with EGR equipment.

[Claim 9] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 8 characterized by to provide 2nd failure decision means to judge that the above-mentioned EGR equipment is out of order when said deflection is larger than the predetermined value which is a reference value which judges failure of the above-mentioned EGR equipment, a conversion EGR rate deflection calculation means to compute the deflection of the above-mentioned actual conversion EGR rate and the above-mentioned target conversion EGR rate, and.

[Claim 10] The above-mentioned conversion EGR rate control means is an internal combustion engine with EGR equipment according to claim 8 characterized by carrying out feedback control of the opening of the above-mentioned EGR control valve based on the above-mentioned actual conversion EGR rate and the above-mentioned target conversion EGR rate so that said actual conversion EGR rate may approach said target conversion EGR rate.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the internal combustion engine with EGR equipment which had the oxygen density sensor in the inhalation-of-air system about an internal combustion engine with EGR equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] A part of exhaust air of an internal combustion engine is made to flow back to an inhalation-of-air path, and the exhaust gas recycling (EGR) equipment which controls combustion with an internal combustion engine is known. The EGR control valve has been arranged at the EGR path for making a part of exhaust air flow back to an inhalation-of-air path, and it was controlled by accuracy by calculating conventionally the amount of the EGR gas which flows back the opening of an EGR control valve to an inhalation-of-air path. As an example of this kind of the amount calculation approach of EGR(s), there are some which were indicated by JP,57-148048,A, for example. By the amount calculation approach of EGR(s) of this official report, the air flow meter for detecting new air volume and the pressure sensor for detecting the total capacity which is the sum of new air volume and the amount of EGR(s) are arranged, and the amount of EGR(s) is computed by the inhalation-of-air path from the difference of total capacity and new air volume.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in order to measure correctly the inhalation air content inhaled by the internal combustion engine, the measured capacity must be amended in consideration of the temperature of each gas. However, when measuring the temperature of gas with a temperature sensor, since the time constant of a temperature sensor is quite large, it is difficult [it] to measure the temperature between each ** correctly. So, at the time of transient operation of the large internal combustion engine of a temperature change, since the measured temperature data shift from actual temperature data considerably, it is difficult to measure the amount of EGR(s) correctly. If the amount of EGR(s) is not measured correctly, in an internal combustion engine, the technical problem which suitable combustion is not performed, consequently NOx under exhaust air and the amount of a smoke increase will arise.

[0004] When using many sensors, such as an air flow meter, a pressure detection sensor, and a temperature sensor, the error which each sensor has accumulates and the technical problem that precision will fall produces the capacity computed from the detection value of each sensor. Furthermore, the technical problem that the control program of a system will become complicated and the system cost of EGR equipment will become high arises.

[0005] In order to make small the error included in a temperature sensor, when using the good temperature sensor of responsibility, it becomes possible to measure somewhat correctly the actual temperature data at the time of transient operation of an internal combustion engine. However, since the good temperature sensor of responsibility has the high price, the technical problem to which the system cost of EGR equipment becomes high produces it.

[0006] On the other hand, in order to judge failure of whether EGR equipment operating correctly and EGR equipment that is, from the former, the amount of EGR(s) occupied to inspired air volume comes out comparatively, and a certain EGR rate is used. However, if the amount of EGR(s) is not correctly measured

as mentioned above, the EGR rate computed will become incorrectness. When an EGR rate is not acquired correctly, failure of EGR equipment cannot be judged correctly. Consequently, the technical problem which cannot make a failure judgment of EGR equipment correctly arises.

[0007] This invention aims at offering the internal combustion engine with EGR equipment which performs little combustion of NOx under exhaust air, or a smoke in view of said technical problem.

[0008] Furthermore, by having a small number of sensor, it is possible to perform little combustion of NOx under exhaust air or a smoke, and system cost is low, and this invention aims at offering correctly the internal combustion engine with EGR equipment which can detect for an EGR rate or the amount of EGR (s).

[0009] Furthermore, this invention aims at offering the internal combustion engine with EGR equipment which can attain the above-mentioned purpose and can make a failure judgment of EGR equipment correctly.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The EGR path which according to invention according to claim 1 was prepared so that an internal combustion engine's flueway and inhalation-of-air path might be opened for free passage, In the internal combustion engine with EGR equipment having the EGR control valve which controls the flow rate of the EGR gas which is formed in this EGR path and flows from said flueway to said inhalation-of-air path An oxygen density detection means to detect the inhalation-of-air oxygen density which is an oxygen density in the mixed inhalation of air of the new mind and EGR gas which are formed in said down-stream inhalation-of-air path from the unification section of said inhalation-of-air path and said EGR path, and are supplied to said engine, An actual conversion EGR rate calculation means to compute the actual conversion EGR rate which is the ratio of the actual EGR rate which is the mixed rate of said EGR gas occupied to said inhalation of air, and an actual excess air factor from the detection value detected by this oxygen density detection means, The internal combustion engine with EGR equipment characterized by providing is offered.

[0011] According to invention according to claim 2, the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 carry out computing the above-mentioned actual conversion EGR rate based on the predetermined equation of state in which the above-mentioned actual conversion EGR rate calculation means showed the condition of the above-mentioned inhalation of air which considered reflux of the exhaust gas generated by the above-mentioned internal combustion engine's combustion, and the detection value detected by the above-mentioned oxygen density detection means as the description is offered.

[0012] According to invention according to claim 3, with the above-mentioned actual conversion EGR rate calculation means, the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 characterized by actually computing a conversion EGR rate based on the following formulas is offered.

$(R/\lambda) = (a-x) (L_0) / (aL_0 + (b-aL_0) x)$

R/λ : It is actually the oxygen density x :inhalation-of-air oxygen density L_0 in conversion EGR rate a :atmospheric air. : The theoretical quantity of air b required for combustion of the fuel per unit: Amount of the carbon dioxide generated by combustion of the fuel per unit, and water [0013] According to invention according to claim 4, the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 characterized by the above-mentioned actual conversion EGR rate calculation means actually computing a conversion EGR rate from an inhalation-of-air oxygen density based on the predetermined relation in which the value of the above-mentioned actual conversion EGR rate will decrease if the value of the inhalation-of-air oxygen density detected by the above-mentioned oxygen density detection means increases is offered.

[0014] Since the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 1 to 4 possesses the inhalation-of-air oxygen density detection means by which a time constant is small, and an actual conversion EGR rate calculation means to actually compute a conversion EGR rate from an inhalation-of-air oxygen density, compared with a temperature sensor, he can actually acquire a conversion EGR rate with a sufficient response also in the time of transient operation of an internal combustion engine. Furthermore, as a detection means for actually acquiring a conversion EGR rate, since only an oxygen density detection means is provided, a detection error is not accumulated like [in the case of having two or more detection means]. So, the calculation precision of a conversion EGR rate actually improves.

Consequently, it is superceded with a sufficient precision, an internal combustion engine's combustion condition, i.e., actual conversion EGR rate, and operation of an internal combustion engine in the desired combustion condition is enabled.

[0015] An operational status detection means to detect the above-mentioned internal combustion engine's operational status according to invention according to claim 5, A target EGR rate calculation means to compute the target EGR rate corresponding to the detection value acquired by this operational status detection means, An actual excess-air-factor detection means to detect the actual excess air factor which is said internal combustion engine's actual excess air factor, An actual EGR rate calculation means to compute the actual EGR rate which is said internal combustion engine's actual EGR rate from the above-mentioned actual conversion EGR rate and said actual excess air factor, Any 1 term of claims 1-4 characterized by having the EGR rate control means which controls the opening of the EGR control valve arranged at the above-mentioned EGR path so that said actual EGR rate approaches said target EGR rate is provided with the internal combustion engine with EGR equipment of a publication.

[0016] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 5 actually computes an EGR rate from the computed actual conversion EGR rate and the detected actual excess air factor, and in order to control the opening of an EGR control valve to actually bring an EGR rate close to the target EGR rate corresponding to operational status, the opening of an EGR control valve is controlled by the desired value.

[0017] When an EGR rate deflection calculation means compute the deflection of the above-mentioned actual EGR rate and the above-mentioned target EGR rate, and said deflection are larger than the predetermined value which is a reference value which judges failure of the above-mentioned EGR equipment according to invention according to claim 6, the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 5 characterized by to provide 1st failure decision means judge that the above-mentioned EGR equipment is out of order is offered.

[0018] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 6 actually computes the deflection of an EGR rate and a target EGR rate, and when deflection is larger than a predetermined value, in order to judge that EGR equipment is out of order, a judgment of failure of EGR equipment is made correctly.

[0019] According to invention according to claim 7, the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 5 characterized by the above-mentioned EGR rate control means carrying out feedback control of the opening of said EGR control valve based on the above-mentioned actual EGR rate and the above-mentioned target EGR rate so that said actual EGR rate may approach said target EGR rate is offered.

[0020] In order that the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 7 may actually perform feedback control of the opening of an EGR control valve based on an EGR rate and a target EGR rate, the opening of an EGR control valve is always controlled by the desired value during actuation.

[0021] An operational status detection means to detect the above-mentioned internal combustion engine's operational status according to invention according to claim 8, A target conversion EGR rate calculation means to compute the target conversion EGR rate corresponding to the detection value acquired by this operational status detection means, Any 1 term of claims 1-4 characterized by having the conversion EGR rate control means which controls the opening of the EGR control valve arranged at the above-mentioned EGR path so that said actual conversion EGR rate approaches said target conversion EGR rate is provided with the internal combustion engine with EGR equipment of a publication.

[0022] In order that the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 8 may control the opening of an EGR control valve to actually bring a conversion EGR rate close to the target conversion EGR rate corresponding to operational status, the opening of an EGR control valve is controlled by the desired value.

[0023] When a conversion EGR rate deflection calculation means compute the deflection of the above-mentioned actual conversion EGR rate and the above-mentioned target conversion EGR rate, and said deflection are large than the predetermined value which is a reference value which judges failure of the above-mentioned EGR equipment according to invention according to claim 9, the internal combustion engine according to claim 8 with EGR equipment which does as the description providing 2nd failure

decision means judge that the above-mentioned EGR equipment is out of order is offered.

[0024] The internal combustion engine with EGR equipment according to claim 9 actually computes the deflection of a conversion EGR rate and a target conversion EGR rate, and when deflection is larger than a predetermined value, in order to judge that EGR equipment is out of order, a judgment of failure of EGR equipment is made correctly.

[0025] According to invention according to claim 10, the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 8 characterized by the above-mentioned conversion EGR rate control means carrying out feedback control of the opening of the above-mentioned EGR control valve based on the above-mentioned actual conversion EGR rate and the above-mentioned target conversion EGR rate so that said actual conversion EGR rate may approach said target conversion EGR rate is offered.

[0026] In order that the internal combustion engine with EGR equipment according to claim 10 may actually perform feedback control of the opening of an EGR control valve based on a conversion EGR rate and a target conversion EGR rate, the opening of an EGR control valve is always controlled by the desired value during actuation.

[0027]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, based on an accompanying drawing, the internal combustion engine with EGR equipment of this invention is explained. First, the first operation gestalt of the internal combustion engine with EGR equipment of this invention is explained to a detail. Drawing 1 is the outline block diagram of the first operation gestalt of the internal combustion engine with EGR equipment of this invention. In drawing 1, in 10, a diesel power plant and 12 show an inhalation-of-air path, and 14 shows the flueway. EGR equipment is equipped with the EGR control valve 18 prepared on the EGR path 16 which connects the surge tank of a flueway 14 and the inhalation-of-air path 12, and the EGR path 16 in order to make a part of exhaust air of an engine 10 flow back to the surge tank (not shown) of the inhalation-of-air path 12. What 20 shows to drawing 1 is an EGR control valve mechanical component which drives the EGR control valve 18, for example, is the EGR actuator of proper formats, such as a negative pressure actuator and a stepper motor. ECU (control circuit) 30 of an engine 10 drives the EGR control valve mechanical component 20 according to the operational status of the engines 10, such as fuel oil consumption of an engine 10, and an engine speed, and adjusts the opening of the EGR control valve 18 so that it may mention later. Thereby, the amount of the EGR gas which flows back from a flueway 14 to the inhalation-of-air path 12 through the EGR path 16 is controlled.

[0028] It is ECU (control circuit) of an engine 10 which 30 shows to drawing 1. ECU30 is constituted as a digital computer of a well-known format which connected ROM (read-only memory), RAM (random access memory), CPU (microprocessor) and input port, and an output port mutually by the bidirectional bus. ECU30 performs basic control, such as fuel-injection control of an engine 10, and also performs each control of the EGR control which controls the opening of the EGR control valve 18, control of the failure alarm display by diagnosis (fault read-out unit) 32, etc.

[0029] For these control, in the input port of ECU30 The voltage signal according to the accelerator opening theta (an operator's amount of accelerator pedal treading in) from the accelerator opening sensor 26 formed in the accelerator pedal (not shown), The voltage signal according to the inhalation-of-air oxygen density x from the inhalation-of-air oxygen density sensor 22 formed in the inhalation-of-air path 12, And the voltage signal according to the exhaust air oxygen density C from the exhaust air oxygen density sensor 24 formed in the flueway 14 is inputted via the multiplexer built-in A-D converter (not shown), respectively. The analog voltage signal from each above-mentioned sensor is inputted into a digital signal by the AD translation routine performed by ECU30 for every fixed time amount, and is stored in RAM of ECU30. Moreover, the pulse signal which expresses the engine speed NE of an engine 10 from the engine-speed sensor 28 arranged at the engine crankshaft (not shown) is inputted into input port besides the above. CPU computes an engine speed NE from the engine-speed pulse frequency inputted for every fixed time amount, and stores it in RAM. Each data of the inhalation-of-air oxygen density x, the exhaust air oxygen density C, the accelerator opening theta, and an engine speed NE is updated for every fixed time amount, and the newest value of these data is always stored in RAM.

[0030] The output port of ECU30 is connected to the EGR control valve mechanical component 20 of the EGR control valve 18 through a drive circuit (not shown), and opening control of the EGR control valve 18

is performed. Moreover, the output port of ECU30 is connected to diagnosis (fault read-out unit) 32, and diagnosis 32 performs troubleshooting of EGR equipment.

[0031] With this operation gestalt, the demand injection quantity Q of an engine 10 is computed by the accelerator opening θ and the engine speed NE . Drawing 2 is a map for demand injection-quantity calculation which computes the demand injection quantity Q from the accelerator opening θ and an engine speed NE . The axis of ordinate of drawing 2 shows the demand injection quantity Q , an axis of abscissa shows an engine speed NE , and, as for each line in drawing, the accelerator opening θ shows the demand injection quantity Q in a fixed case. As shown in drawing 2, such a large value is taken, and it is set up that the accelerator opening θ is large if the demand injection quantity Q has the same engine speed NE so that such a big value that an engine speed NE is low if the accelerator opening θ is the same may be taken. The value of each demand injection quantity Q of drawing 2 is beforehand stored in ROM of ECU30 in the form of a numerical map where NE and θ were used as a parameter, and ECU30 sets up the value of the demand injection quantity Q from this numerical map based on the value of the engine speed NE and the accelerator opening θ which were detected.

[0032] Furthermore, it is computed in a target EGR rate, i.e., a target EGR rate, from the demand injection quantity Q and engine speed NE which were mentioned above. Drawing 3 is a map for target EGR rate calculation which computes a target EGR rate from an engine speed NE and the demand injection quantity Q . The axis of ordinate of drawing 3 shows the demand injection quantity Q , an axis of abscissa shows an engine speed NE , and it is $R1$ in drawing, $R2$, $R3$, and $R4$. The target EGR rate of a predetermined value is shown. Here, it is $R1$, $R2$, and $R3$. And $R1 > R2 > R3 > R4$ It has relation. The value of each target EGR rate of drawing 3 is beforehand stored in ROM of ECU30 in the form of a numerical map where the demand injection quantity Q and a rotational frequency NE were used as a parameter, and ECU30 sets up the value of a target EGR rate from this numerical map based on the value of the demand injection quantity Q and an engine speed NE .

[0033] Next, control of the EGR equipment of the first operation gestalt is explained. Drawing 4 is the control flow chart of the EGR equipment of the first operation gestalt of the internal combustion engine with EGR equipment of this invention. Initiation of control of EGR equipment detects the accelerator opening θ and an engine speed NE first by the accelerator opening sensor 26 and the engine-speed sensor 28 of drawing 1 (step 202). (step 200) Then, drawing 2 mentioned above is used and the demand injection quantity Q is computed from the accelerator opening θ and an engine speed NE (step 204). Then, drawing 3 mentioned above is used and a target EGR rate is computed from the demand injection quantity Q and an engine speed NE (step 206).

[0034] Then, the exhaust air oxygen density C is detected by the exhaust air oxygen density sensor 24 of drawing 1 (step 208). Since the exhaust air oxygen density C which is the output value of the exhaust air oxygen density sensor 24 actually supports an excess air factor λ (engine air-fuel ratio) and one to one, an excess air factor λ is actually computed from the exhaust air oxygen density C (step 210). Then, the inhalation-of-air oxygen density x is detected by the inhalation-of-air oxygen density sensor 22 of drawing 1 (step 212). The inhalation-of-air oxygen density x is changed so that it may mention later, and the actual conversion EGR rate which is the ratio of an actual EGR rate and an actual excess air factor is computed (step 214).

[0035] Hereafter, with reference to drawing 5 and drawing 6, the approach by which a conversion EGR rate is actually computed from the inhalation-of-air oxygen density x is explained to a detail. Drawing 5 and drawing 6 aim at the inspired air volume in the condition that it was fully performed that reflux, i.e., EGR gas, is returned to an inhalation-of-air path through an EGR path, and the amount of oxygen under inhalation of air being shown with EGR rate R , an excess air factor λ , etc. Drawing 5 shows the inspired air volume [in / in the count of reflux / 0 times, 1 time, 2 times, n times, and a steady state (condition of $n \rightarrow \infty$)] per unit fuel quantity (Nm^3 / kg), and the displacement per unit fuel quantity (Nm^3 / kg). Here, λ is an excess air factor and is $L0$. It is the theoretical quantity of air per unit fuel quantity (Nm^3 / kg), i.e., the air content which contains the oxygen of a complement in a 1kg fuel burning completely, R is an EGR rate, a is an oxygen density in atmospheric air, and b is CO_2 per unit fuel quantity. And it is the amount of generation of H_2O (Nm^3 / kg).

[0036] In case the count of reflux is 0 times, in an engine, it is the theoretical quantity of air $L0$. $\lambda L0$

which multiplied by the excess air factor λ New mind is inhaled. λL_0 $L_0(\lambda-1)$ 0 which will not be used for combustion if new mind burns Air, The remaining air L_0 L_0 which is the air (O_2 component of an except) which was not used for inner combustion $(1-a)$ CO_2 generated by combustion And b which is H_2O is discharged $(L_0+(1-a) L_0+b)=(\lambda-a) L_0+b$. $(\lambda-1)$ Then, only the amount of EGR rate of exhaust air $(\lambda-a) (L_0+b)$ flows back to the inhalation-of-air path 12 through the EGR path 16 of drawing 1. The inspired air volume inhaled by the engine in this condition, i.e., the condition that the count of reflux is 1 time, is λL_0 which is the amount of a new new mind. It becomes the total quantity $(\lambda L_0+R (\lambda-a) (L_0+b))$ with $R (\lambda-a) (L_0+b)$ which is the amount of EGR gas. The displacement after combustion is computed similarly $((\lambda-a) (1+R) L_0+b)$. Similarly the inspired air volume at the time of the count of reflux being 2 times to $(\lambda L_0+R (1+R) ((\lambda-a) L_0+b))$ The time of becoming displacement $((\lambda-a) (1+R+R^2) L_0+b)$, and the count of reflux being n times, Inspired air volume to $(\lambda L_0+R (1+R+ \dots +R^{n-1}) ((\lambda-a) L_0+b))$ Becoming displacement $((\lambda-a) (1+R+ \dots +R^n) L_0+b)$, in the state of a stationary ($n \rightarrow \infty$), inspired air volume becomes $(\lambda L_0+ (R/(1-R)) ((\lambda-a) L_0+b))$, and turns into displacement $((\lambda-a) (1/(1-R)) L_0+b)$. [0037] Drawing 6 shows the amount [in / in the count of reflux / 0 times, 1 time, 2 times, n times, and a steady state] of oxygen under inhalation of air per unit fuel quantity (Nm^3 / kg), and the amount of oxygen under exhaust air per unit fuel quantity (Nm^3 / kg). Like drawing 5, λ is an excess air factor, L_0 is the theoretical quantity of air per unit fuel quantity (Nm^3 / kg), i.e., the air content which contains the oxygen of a complement in a 1kg fuel burning completely, R is an EGR rate, a is an oxygen density in atmospheric air, and b is CO_2 per unit fuel quantity. And it is the amount of generation of H_2O (Nm^3 / kg).

[0038] the time of the count of reflux being 0 times -- an engine -- the theoretical quantity of air L_0 λL_0 which multiplied by the excess air factor λ new mind inhales -- having -- the amount of oxygen under inhalation of air -- λL_0 it is . λL_0 Air L_0 which will not be used for combustion if new mind burns $(\lambda-1)$ The inner amount $a (\lambda-1)L_0$ of oxygen It becomes the amount of oxygen under exhaust air. As shown in drawing 5, then, only the amount of EGR rate of exhaust air $(\lambda-a) (L_0+b)$ Flow back to the inhalation-of-air path 12 through the EGR path 16 (drawing 1), and in case the count of reflux is 1 time, the amount of oxygen under inhalation of air inhaled by the engine λL_0 which is the amount of oxygen in new mind Amount $Ra(\lambda-1) L_0$ of oxygen 0 in EGR gas It becomes the total quantity $(\lambda L_0+Ra(\lambda-1) L_0)$. It is computed similarly and the amount of oxygen under exhaust air after combustion is a $(1+R) (\lambda-1)L_0$. It becomes. Similarly the amount of oxygen under inhalation of air at the time of the count of reflux being 2 times to $(\lambda L_0+R(1+R) a (\lambda-1) L_0)$ The amount of oxygen under exhaust air is a $(1+R+R^2) (\lambda-1)L_0$. The time of becoming and the count of reflux being n times, For the amount of oxygen under inhalation of air, the amount of oxygen under exhaust air is a $(1+R+ \dots +R^n) (\lambda-1)L_0$ to $(\lambda L_0+R(1+R+ \dots +R^{n-1}) a (\lambda-1) L_0)$. It becomes. In a steady state The amount of oxygen under inhalation of air is set to $(\lambda L_0+(R/(1-R)) a (\lambda-1)L_0)$, and the amount of oxygen under exhaust air is a $(1/(1-R)) (\lambda-1)L_0$. It becomes.

[0039] Inspired air volume of the steady state acquired as mentioned above (with the amount of oxygen $(\lambda L_0+(R/(1-R)) a (\lambda-1)L_0)$ under $\lambda L_0+(R/(1-R)) ((\lambda-a) L_0+b)$ and inhalation of air) Relational-expression [from the inhalation-of-air oxygen density x obtained by the inhalation-of-air oxygen density sensor 22 of drawing 1] (inhalation-of-air oxygen density x) =(amount of oxygen under inhalation of air $(\lambda L_0+(R/(1-R)) a (\lambda-1)L_0)/(\text{inspired air volume } (\lambda L_0+(R/(1-R)) ((\lambda-a) L_0+b))$ is obtained.) Furthermore, relational-expression $(R/\lambda)=(a-x) (L_0)/(a L_0+(b-a L_0) x)$ of a conversion EGR rate (R/λ) and the inhalation-of-air oxygen density x is actually obtained by transforming this formula.

[0040] Return and formula $(R/\lambda)=(a-x) (L_0)/(a L_0+(b-a L_0) x)$ mentioned above are used for drawing 4, and a conversion EGR rate is actually computed from the inhalation-of-air oxygen density x detected at step 212 (step 214). In this case, it is also possible to use relational-expression $(R/\lambda)=px+q$ (for p and q to be a constant) approximated to the straight line as shown in drawing 7 instead of using formula $(R/\lambda)=(a-x) (L_0)/(a L_0+(b-a L_0) x)$ (a hyperbola being shown). In addition, drawing 7 is a graph which actually indicates relation with a conversion EGR rate to be an inhalation-of-air oxygen density.

[0041] Then, the actual excess air factor λ obtained at step 210 and the actual conversion EGR rate acquired at step 214 are used, and an EGR rate is actually computed (step 216).

[0042] Then, at step 218, a judgment of failure of EGR equipment is made in diagnosis (fault read-out unit), and the absolute value of the difference of an EGR rate and a target EGR rate is actually compared with the failure decision value set up beforehand. It is judged that EGR equipment is out of order when the absolute value of the difference of an EGR rate and a target EGR rate is actually larger than a failure decision value, diagnosis (not shown) performs the alarm display of the purport to which EGR equipment is out of order (step 220), and when the absolute value of the difference of an EGR rate and a target EGR rate is actually below a failure decision value, diagnosis does not warn.

[0043] Then, the target EGR rate acquired at step 206 is compared with the actual EGR rate acquired at step 216 (step 222). A target EGR rate and when an EGR rate is actually equal, an EGR control valve is not driven but the opening of an EGR control valve is maintained as it is. When an EGR rate actually differs from a target EGR rate, an EGR control valve drives and the opening of an EGR control valve is adjusted (step 224). In a detail, when an EGR rate is actually larger than a target EGR rate, an EGR control valve is driven so that opening may become small, and when an EGR rate is actually smaller than a target EGR rate, an EGR control valve is driven so that opening may become large.

[0044] After the above control is completed, control of return (step 226) and EGR equipment repeats a step which was mentioned above to step 200 until an engine is suspended.

[0045] Hereafter, the second operation gestalt of the internal combustion engine with EGR equipment of this invention is explained. Although the configuration of the second operation gestalt is explained using drawing 1, in drawing 1, a point which is different with the configuration of the second operation gestalt and the configuration of the first operation gestalt is a point that the second operation gestalt does not have the exhaust air oxygen density sensor 24, and other configurations are common to the first operation gestalt and the second operation gestalt.

[0046] The voltage signal according to the accelerator opening θ (an operator's amount of accelerator pedal treading in) from the accelerator opening sensor 26 formed in the accelerator pedal (not shown) and the voltage signal according to the inhalation-of-air oxygen density x from the inhalation-of-air oxygen density sensor 22 formed in the inhalation-of-air path 12 are inputted into the input port of ECU30 via the multiplexer built-in A-D converter (not shown), respectively. The analog voltage signal from each above-mentioned sensor is inputted into a digital signal by the AD translation routine performed by ECU30 for every fixed time amount, and is stored in RAM of ECU30. Moreover, the pulse signal which expresses the engine speed NE of an engine 10 from the engine-speed sensor 28 arranged at the engine crankshaft (not shown) is inputted into input port besides the above. CPU computes an engine speed NE from the engine-speed pulse frequency inputted for every fixed time amount, and stores it in RAM. Each data of the inhalation-of-air oxygen density x , the accelerator opening θ , and an engine speed NE is updated for every fixed time amount, and the newest value of these data is always stored in RAM.

[0047] Unlike the first operation gestalt, with the second operation gestalt, it is computed from the demand injection quantity Q and engine speed NE which the ratio with an excess air factor, the target conversion EGR rate, i.e., the target EGR rate, instead of, mentioned above. [a target EGR rate] Drawing 8 is a map for target conversion EGR rate calculation which computes a target conversion EGR rate from an engine speed NE and the demand injection quantity Q . The axis of ordinate of drawing 8 shows the demand injection quantity Q , an axis of abscissa shows an engine speed NE, and it is 1 (R/λ), 2 (R/λ), 3 (R/λ), and 4 (R/λ). The target conversion EGR rate of a predetermined value is shown. Here, it is 1 (R/λ), 2 (R/λ), and 3 (R/λ). And (R/λ) 4 1 (R/λ) > (R/λ) 2 > (R/λ) 3 > (R/λ) 4 It has relation. The value of each target conversion EGR rate of drawing 8 is beforehand stored in ROM of ECU30 (drawing 1) in the form of a numerical map where the demand injection quantity Q and a rotational frequency NE were used as a parameter, and ECU30 sets up the value of a target EGR rate from this numerical map based on the value of the demand injection quantity Q and an engine speed NE.

[0048] Next, control of the EGR equipment of the second operation gestalt is explained. Drawing 9 is the control flow chart of the EGR equipment of the second operation gestalt of the internal combustion engine with EGR equipment of this invention. If control of EGR equipment is started (step 300), drawing 2 which

the accelerator opening θ and an engine speed NE were detected by the accelerator opening sensor 26 and the engine-speed sensor 28 of drawing 1 (step 302), then was mentioned above like the case where it is the first operation gestalt will be used, and the demand injection quantity Q will be computed from the accelerator opening θ and an engine speed NE (step 304). Then, drawing 8 mentioned above is used and a target conversion EGR rate is computed from the demand injection quantity Q and an engine speed NE (step 306).

[0049] Then, the inhalation-of-air oxygen density x is detected by the inhalation-of-air oxygen density sensor 22 of drawing 1 (step 308). The inhalation-of-air oxygen density x is changed as the first operation gestalt explained with reference to drawing 5 - drawing 7, and the actual conversion EGR rate which is the ratio of an actual EGR rate and an actual excess air factor is computed (step 310).

[0050] Then, at step 312, a judgment of failure of EGR equipment is made in diagnosis (fault read-out unit), and the absolute value of the difference of a conversion EGR rate and a target conversion EGR rate is actually compared with the failure decision value set up beforehand. It is judged that EGR equipment is out of order when the absolute value of the difference of a conversion EGR rate and a target conversion EGR rate is actually larger than a failure decision value, diagnosis (not shown) performs the alarm display of the purport to which EGR equipment is out of order (step 314), and when the absolute value of the difference of a conversion EGR rate and a target conversion EGR rate is actually below a failure decision value, diagnosis does not warn.

[0051] Then, the target conversion EGR rate acquired at step 306 is compared with the actual conversion EGR rate acquired at step 310 (step 316). A target conversion EGR rate and when a conversion EGR rate is actually equal, an EGR control valve is not driven but the opening of an EGR control valve is maintained as it is. When a conversion EGR rate actually differs from a target conversion EGR rate, an EGR control valve drives and the opening of an EGR control valve is adjusted (step 318). In a detail, when a conversion EGR rate is actually larger than a target conversion EGR rate, an EGR control valve is driven so that opening may become small, and when a conversion EGR rate is actually smaller than a target conversion EGR rate, an EGR control valve is driven so that opening may become large.

[0052] After the above control is completed, control of return (step 320) and EGR equipment repeats a step which was mentioned above to step 300 until an engine is suspended.

[0053]

[Effect of the Invention] According to invention according to claim 1 to 4, since it does not have a temperature sensor with a large time constant, it becomes possible to be actually able to acquire a conversion EGR rate with a sufficient response, and to perform little combustion of NO_x under exhaust air, or a smoke also in the time of transient operation of an internal combustion engine. Furthermore, since only an oxygen density detection means is provided as a detection means for actually acquiring a conversion EGR rate, a detection error is not accumulated like [in the case of having two or more detection means]. So, it becomes possible to make system cost low, and becomes detectable correctly about an EGR rate or the amount of EGR(s).

[0054] According to invention given in claims 5, 7, 8, and 10, it becomes possible to control the opening of an EGR control valve to a desired value.

[0055] According to invention given in claims 6 and 9, it becomes possible to judge failure of EGR equipment correctly.

[Translation done.]

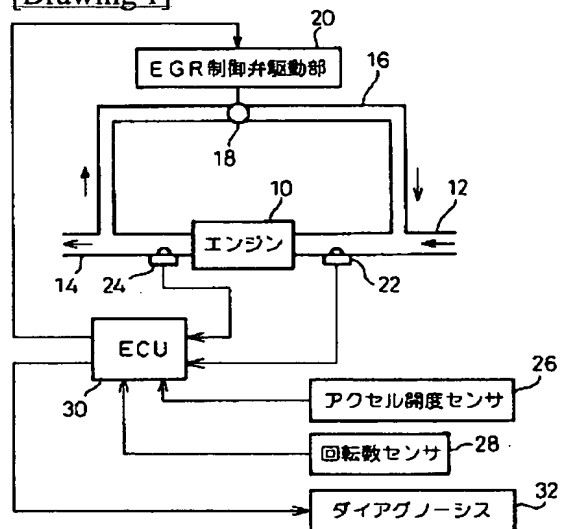
* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

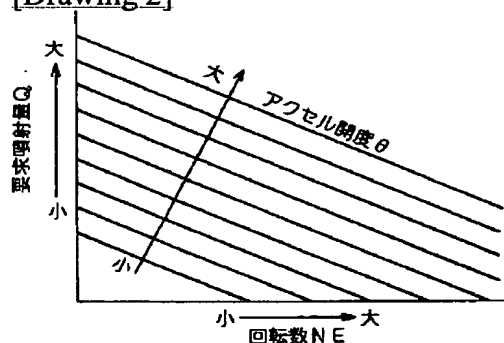
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

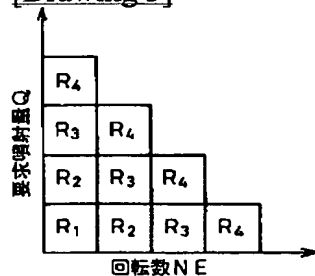
[Drawing 1]



[Drawing 2]

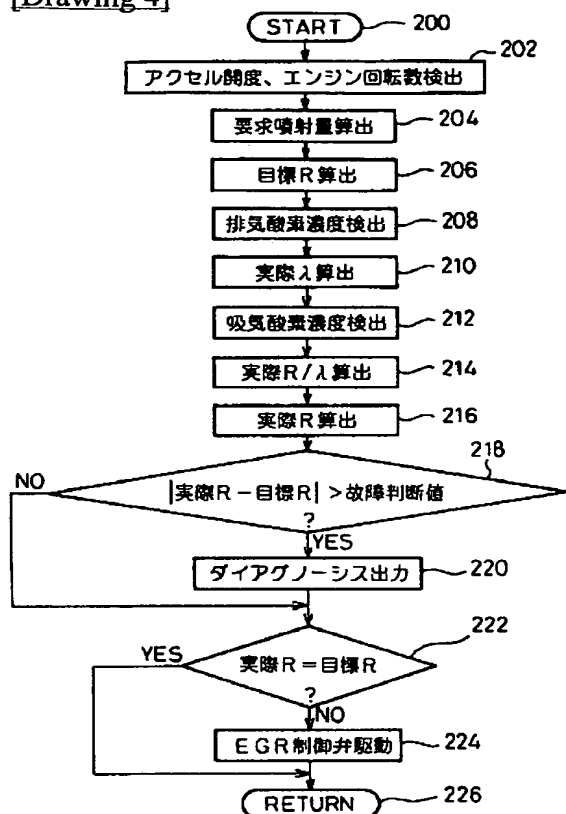


[Drawing 3]



R...目標EGR率
 $R_1 > R_2 > R_3 > R_4$

[Drawing 4]

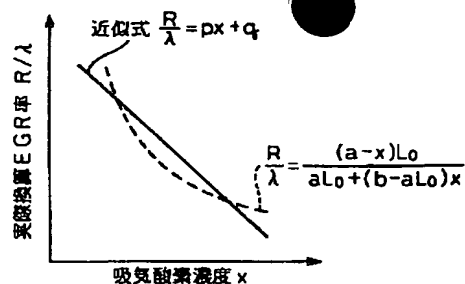


[Drawing 5]

還流回数	単位燃料量当たりの吸気量 (Nm ³ /kg)	単位燃料量当たりの排気量 (Nm ³ /kg)
0	λL_0	燃焼 $(\lambda - a)L_0 + b$
1	$\lambda L_0 + R\{(\lambda - a)L_0 + b\}$	還流 $(1 + R)\{(\lambda - a)L_0 + b\}$
2	$\lambda L_0 + R(1 + R)\{(\lambda - a)L_0 + b\}$	$(1 + R + R^2)\{(\lambda - a)L_0 + b\}$
⋮	⋮	⋮
n	$\lambda L_0 + R(1 + R + \dots + R^{n-1})\{(\lambda - a)L_0 + b\}$	$(1 + R + \dots + R^n)\{(\lambda - a)L_0 + b\}$
定常状態	$\lambda L_0 + \{R/(1 - R)\}\{(\lambda - a)L_0 + b\}$	$\{1/(1 - R)\}\{(\lambda - a)L_0 + b\}$

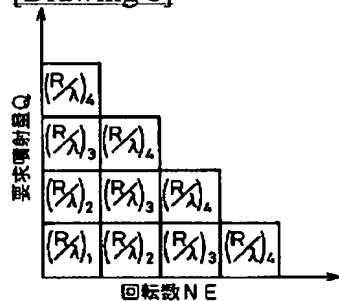
λ ... 空気過剰率
 L_0 ... 単位燃料量当たりの理論空気量 (Nm³/kg)
 R ... EGR率
 a ... 大気中の酸素濃度
 b ... 単位燃料量当たりのCO₂及びH₂Oの生成量 (Nm³/kg)

[Drawing 7]



R …EGR率
 λ …空気過剰率
 R/λ …実換算EGR率
 x …吸気酸素濃度
 L_0 …単位燃料量当たりの理論空気量 (Nm³/kg)
 a …大気中の酸素濃度
 b …単位燃料量当たりのCO₂及びH₂Oの生成量 (Nm³/kg)
 p, q …定数

[Drawing 8]



R/λ …目標換算EGR率

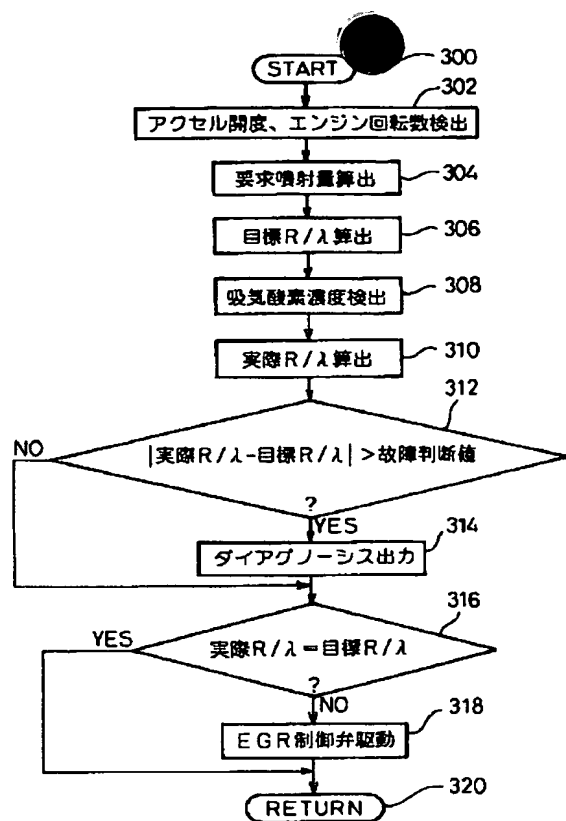
$$(R/\lambda)_1 > (R/\lambda)_2 > (R/\lambda)_3 > (R/\lambda)_4$$

[Drawing 6]

還流回数	単位燃料量当たりの 吸気中の酸素量 (Nm ³ /kg)	単位燃料量当たりの 排気中の酸素量 (Nm ³ /kg)
0	$a\lambda L_0$	燃焼 $a(\lambda-1)L_0$
1	$a\lambda L_0 + Ra(\lambda-1)L_0$	$(1+R)a(\lambda-1)L_0$
2	$a\lambda L_0 + R(1+R)a(\lambda-1)L_0$	$(1+R+R^2)a(\lambda-1)L_0$
⋮	⋮	⋮
n	$a\lambda L_0 + R(1+R+\dots+R^{n-1})a(\lambda-1)L_0$	$(1+R+\dots+R^n)a(\lambda-1)L_0$
定常状態	$a\lambda L_0 + \{R/(1-R)\}a(\lambda-1)L_0$	$\{1/(1-R)\}a(\lambda-1)L_0$

λ …空気過剰率
 L_0 …単位燃料量当たりの理論空気量 (Nm³/kg)
 R …EGR率
 a …大気中の酸素濃度
 b …単位燃料量当たりのCO₂及びH₂Oの生成量 (Nm³/kg)

[Drawing 9]



[Translation done.]

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10141147 A**

(43) Date of publication of application: **26.05.98**

(51) Int. Cl. **F02M 25/07**
F02D 21/08
F02D 41/02

(21) Application number: **08303149**

(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**

(22) Date of filing: **14.11.96**

(72) Inventor: **FUKUMA TAKAO**

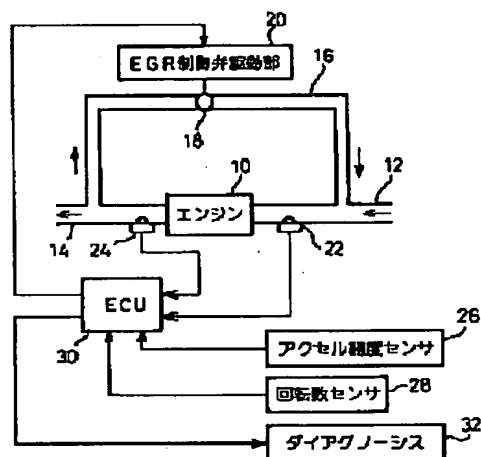
(54) **INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH EGR DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an internal combustion engine with EGR device which can obtain an actually calculated EGR rate accurately.

SOLUTION: An internal combustion engine with EGR device which provides an air-intake oxygen level sensor 22 which detects an air-intake oxygen level, provided in downstream of an injunction between an air-intake passage 12 and an EGR passage 16 within an air-intake passage 16 and a calculating means for actually calculated EGR rate which is a ratio between an actual EGR rate and an actual air excessive rate based on the air-intake oxygen level, can obtain an high-accuracy actually calculated EGR rate in a quick response even under the transit operation of combustion engine, thereby the combustion quality of the internal combustion engine is well-monitored and the internal combustion engine is operated with a desired combustion condition with less NO_x and smoke.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-141147

(43)公開日 平成10年(1998) 5月26日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
F 0 2 M 25/07	5 5 0	F 0 2 M 25/07	5 5 0 E
			5 5 0 F
			5 5 0 L
F 0 2 D 21/08	3 0 1	F 0 2 D 21/08	3 0 1 Z
41/02	3 0 1	41/02	3 0 1 E
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)			

(21)出願番号 特願平8-303149

(22)出願日 平成8年(1996)11月14日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 福間 隆雄

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

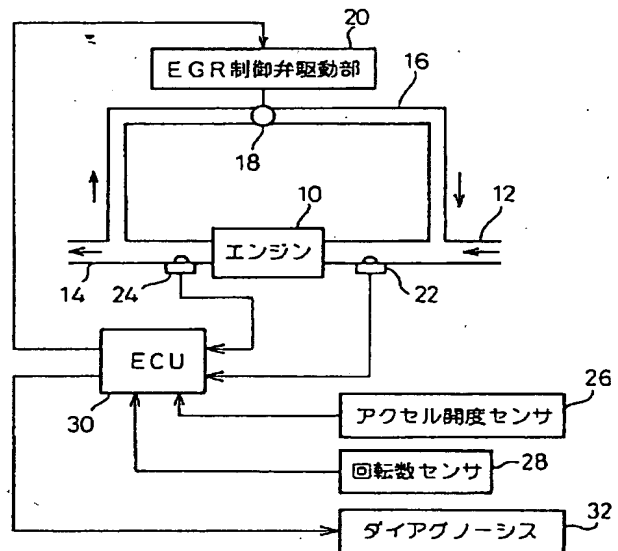
(74)代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

(54)【発明の名称】 EGR装置付き内燃機関

(57)【要約】

【課題】 実際換算EGR率を正確に得ることが可能なEGR付き内燃機関を提供する。

【解決手段】 吸気通路12内の、吸気通路12とEGR通路16との合流部の下流に配置され、吸気酸素濃度を検出する吸気酸素濃度センサ22と、実際EGR率と実際空気過剰率との比である実際換算EGR率を吸気酸素濃度から算出する算出手段とを具備するEGR装置付き内燃機関は、内燃機関の過渡運転時でも、実際換算EGR率を、応答良くかつ高い精度で得ることができ、その結果、内燃機関の燃焼状態は精度良く監視され、内燃機関は、NO_xやスモークの少ない所望の燃焼状態にて運転可能にされる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関の排気通路と吸気通路とを連通するように設けられた EGR 通路と、該 EGR 通路に設けられ前記排気通路から前記吸気通路へ流れる EGR ガスの流量を制御する EGR 制御弁とを備えた EGR 装置付き内燃機関において、

前記吸気通路と前記 EGR 通路との合流部より下流の前記吸気通路内に設けられ、前記機関へ供給される新気と EGR ガスとの混合した吸気における酸素濃度である吸気酸素濃度を検出する酸素濃度検出手段と、該酸素濃度検出手段により検出された検出値より、前記吸気に占める前記 EGR ガスの混合割合である実際の EGR 率と実際の空気過剰率との比である実際換算 EGR 率を算出する実際換算 EGR 率算出手段と、を具備することを特徴とする EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 2】 上記実際換算 EGR 率算出手段とは、上記内燃機関の燃焼により生成する排気ガスの還流を加味した上記吸気の状態を示した所定の状態方程式と、上記酸素濃度検出手段により検出された検出値とを基に上記実際換算 EGR 率を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 3】 上記実際換算 EGR 率算出手段とは、以下の式に基づいて実際換算 EGR 率を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

$$(R/\lambda) = ((a-x) L_0) / (a L_0 + (b-a) L_0) x)$$

R/λ : 実際換算 EGR 率

a : 大気中の酸素濃度

x : 吸気酸素濃度

L_0 : 単位当たりの燃料の燃焼に必要な理論空気量

b : 単位当たりの燃料の燃焼によって生成する二酸化炭素及び水の量

【請求項 4】 上記実際換算 EGR 率算出手段は、上記酸素濃度検出手段により検出された吸気酸素濃度の値が増加すると上記実際換算 EGR 率の値が減少する、所定の関係に基づいて、吸気酸素濃度から実際換算 EGR 率を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 5】 上記内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段により得られた検出値に対応する目標 EGR 率を算出する目標 EGR 率算出手段と、前記内燃機関の実際の空気過剰率である実際空気過剰率を検出する実際空気過剰率検出手段と、上記実際換算 EGR 率と前記実際空気過剰率とから前記内燃機関の実際の EGR 率である実際 EGR 率を算出する実際 EGR 率算出手段と、上記 EGR 通路に配置された EGR 制御弁の開度を、前記実際 EGR 率が前記目標 EGR 率に近づくように制御する EGR 率制御手段とを備えたことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一項に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 6】 上記実際 EGR 率と上記目標 EGR 率との偏差を算出する EGR 率偏差算出手段と、前記偏差が上記 EGR 装置の故障を判断する基準値である所定の値より大きい場合には、上記 EGR 装置が故障していると判断する第 1 の故障判断手段とを具備することを特徴とする請求項 5 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 7】 上記 EGR 率制御手段は、上記実際 EGR 率と上記目標 EGR 率とに基づいて、前記実際 EGR 率が前記目標 EGR 率に近づくように前記 EGR 制御弁の開度をフィードバック制御することを特徴とする請求項 5 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 8】 上記内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段により得られた検出値に対応する目標換算 EGR 率を算出する目標換算 EGR 率算出手段と、上記 EGR 通路に配置された EGR 制御弁の開度を、前記実際換算 EGR 率が前記目標換算 EGR 率に近づくように制御する換算 EGR 率制御手段とを備えたことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一項に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 9】 上記実際換算 EGR 率と上記目標換算 EGR 率との偏差を算出する換算 EGR 率偏差算出手段と、前記偏差が上記 EGR 装置の故障を判断する基準値である所定の値より大きい場合には、上記 EGR 装置が故障していると判断する第 2 の故障判断手段とを具備することを特徴とする請求項 8 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【請求項 10】 上記換算 EGR 率制御手段は、上記実際換算 EGR 率と上記目標換算 EGR 率とに基づいて、前記実際換算 EGR 率が前記目標換算 EGR 率に近づくように上記 EGR 制御弁の開度をフィードバック制御することを特徴とする請求項 8 に記載の EGR 装置付き内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、EGR 装置付き内燃機関に関し、特に、吸気系内に酸素濃度センサを備えた EGR 装置付き内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】内燃機関の排気の一部を吸気通路に還流させ、内燃機関での燃焼を抑制する排気ガス再循環 (EGR) 装置が知られている。排気の一部を吸気通路に還流させるための EGR 通路には EGR 制御弁が配置され、従来は、EGR 制御弁の開度を、吸気通路に還流される EGR ガスの量を求めることにより正確に制御されていた。この種の EGR 量算出方法の例としては、例えば特開昭 57-148048 号公報に記載されたものがある。同公報の EGR 量算出方法では、吸気通路には、新気量を検出するためのエアフローメータと、新気量及び EGR 量の和である全ガス量を検出するための圧力検出器とが配置され、全ガス量と新気量との差から EGR

量が算出される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、内燃機関に吸入される吸入空気量を正確に測定するためには、それぞれのガスの温度を考慮して、測定されたガス量を補正しなければならない。ところが、温度センサによってガスの温度を測定する場合、温度センサの時定数がかかり大きいために、各瞬間の温度を正確に測定することは困難である。それゆえ、温度変化の大きい内燃機関の過渡運転時には、測定された温度データが、実際の温度データからかなりずれてしまうため、EGR量を正確に測定することは困難である。EGR量が正確に測定されないと、内燃機関では適切な燃焼が行われず、その結果、排気中のNO_xやスモークの量が増加してしまう課題が生じる。

【0004】エアフローメータ、圧力検出センサ、温度センサ等、多数のセンサを使用する場合、各センサの有する誤差が累積してしまい、各センサの検出値から算出されるガス量は精度が低下してしまうという課題が生じる。更に、システムの制御プログラムが複雑になってしまい、EGR装置のシステムコストが高くなってしまいう課題が生じる。

【0005】温度センサに含まれる誤差を小さくするために応答性の良い温度センサを使用する場合、内燃機関の過渡運転時の実際の温度データがある程度正確に測定することが可能になる。しかしながら、応答性の良い温度センサは価格が高いために、EGR装置のシステムコストが高くなってしまいう課題が生じる。

【0006】一方で、従来から、EGR装置が正確に作動されているか否か、つまりEGR装置の故障を判断するために、吸気量に占めるEGR量の割合であるEGR率が使用されている。ところが、上述されたようにEGR量が正確に測定されないと、算出されるEGR率は不正確になってしまう。EGR率が正確に得られない場合には、EGR装置の故障は正確に判断できない。その結果、EGR装置の故障判断を正確に行うことができない課題が生じる。

【0007】本発明は、前記課題に鑑み、排気中のNO_xやスモークの少ない燃焼を行うEGR装置付き内燃機関を提供することを目的とする。

【0008】更に本発明は、少数のセンサを備えることにより、排気中のNO_xやスモークの少ない燃焼を行うことが可能であり、かつ、システムコストが低く、EGR率又はEGR量を正確に検出可能なEGR装置付き内燃機関を提供することを目的とする。

【0009】更に本発明は、上記目的を達成し、かつ、EGR装置の故障判断を正確に行うことができるEGR装置付き内燃機関を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明に

よれば、内燃機関の排気通路と吸気通路とを連通するように設けられたEGR通路と、該EGR通路に設けられ前記排気通路から前記吸気通路へ流れるEGRガスの流量を制御するEGR制御弁とを備えたEGR装置付き内燃機関において、前記吸気通路と前記EGR通路との合流部より下流の前記吸気通路内に設けられ、前記機関へ供給される新気とEGRガスとの混合した吸気における酸素濃度である吸気酸素濃度を検出する酸素濃度検出手段と、該酸素濃度検出手段により検出された検出値より、前記吸気に占める前記EGRガスの混合割合である実際のEGR率と実際の空気過剰率との比である実際換算EGR率を算出する実際換算EGR率算出手段と、を具備することを特徴とするEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0011】請求項2に記載の発明によれば、上記実際換算EGR率算出手段とは、上記内燃機関の燃焼により生成する排気ガスの還流を加味した上記吸気の状態を示した所定の状態方程式と、上記酸素濃度検出手段により検出された検出値とを基に上記実際換算EGR率を算出することを特徴とする請求項1に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0012】請求項3に記載の発明によれば、上記実際換算EGR率算出手段とは、以下の式に基づいて実際換算EGR率を算出することを特徴とする請求項1に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

$$(R/\lambda) = ((a-x)L_0) / (aL_0 + (b-a)L_0)x)$$

R/λ：実際換算EGR率

a：大気中の酸素濃度

x：吸気酸素濃度

L₀：単位当たりの燃料の燃焼に必要な理論空気量

b：単位当たりの燃料の燃焼によって生成する二酸化炭素及び水の量

【0013】請求項4に記載の発明によれば、上記実際換算EGR率算出手段は、上記酸素濃度検出手段により検出された吸気酸素濃度の値が増加すると上記実際換算EGR率の値が減少する、所定の関係に基づいて、吸気酸素濃度から実際換算EGR率を算出することを特徴とする請求項1に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0014】請求項1～4に記載のEGR装置付き内燃機関は、温度センサに比べて時定数が小さい吸気酸素濃度検出手段と、吸気酸素濃度から実際換算EGR率を算出する実際換算EGR率算出手段とを具備するため、内燃機関の過渡運転時でも応答良く実際換算EGR率を得ることができる。更に、実際換算EGR率を得るための検出手段として、酸素濃度検出手段のみを具備するために、複数の検出手段を有する場合のように検出誤差が累積されない。それゆえ、実際換算EGR率の算出精度が向上する。その結果、内燃機関の燃焼状態、つまり実際

換算EGR率が精度よく監視され、内燃機関は、所望の燃焼状態にて運転可能にされる。

【0015】請求項5に記載の発明によれば、上記内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段により得られた検出値に対応する目標EGR率を算出する目標EGR率算出手段と、前記内燃機関の実際の空気過剰率である実際空気過剰率を検出する実際空気過剰率検出手段と、上記実際換算EGR率と前記実際空気過剰率とから前記内燃機関の実際のEGR率である実際EGR率を算出する実際EGR率算出手段と、上記EGR通路に配置されたEGR制御弁の開度を、前記実際EGR率が前記目標EGR率に近づくように制御するEGR率制御手段とを備えたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0016】請求項5に記載のEGR装置付き内燃機関は、算出した実際換算EGR率と、検出した実際空気過剰率とから実際EGR率を算出し、運転状態に対応する目標EGR率に実際EGR率を近づけるようにEGR制御弁の開度を制御するために、EGR制御弁の開度が所望の値に制御される。

【0017】請求項6に記載の発明によれば、上記実際EGR率と上記目標EGR率との偏差を算出するEGR率偏差算出手段と、前記偏差が上記EGR装置の故障を判断する基準値である所定の値より大きい場合には、上記EGR装置が故障していると判断する第1の故障判断手段とを具備することを特徴とする請求項5に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0018】請求項6に記載のEGR装置付き内燃機関は、実際EGR率と目標EGR率との偏差を算出し、偏差が所定の値より大きい場合にEGR装置が故障していると判断するために、EGR装置の故障の判断が正確に行われる。

【0019】請求項7に記載の発明によれば、上記EGR率制御手段は、上記実際EGR率と上記目標EGR率とに基づいて、前記実際EGR率が前記目標EGR率に近づくように前記EGR制御弁の開度をフィードバック制御することを特徴とする請求項5に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0020】請求項7に記載のEGR装置付き内燃機関は、実際EGR率と目標EGR率とに基づいて、EGR制御弁の開度のフィードバック制御を行うために、EGR制御弁の開度は、作動中、常に所望の値に制御される。

【0021】請求項8に記載の発明によれば、上記内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段により得られた検出値に対応する目標換算EGR率を算出する目標換算EGR率算出手段と、上記EGR通路に配置されたEGR制御弁の開度を、前記実際換算EGR率が前記目標換算EGR率に近づくように

制御する換算EGR率制御手段とを備えたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0022】請求項8に記載のEGR装置付き内燃機関は、運転状態に対応する目標換算EGR率に実際換算EGR率を近づけるようにEGR制御弁の開度を制御するために、EGR制御弁の開度が所望の値に制御される。

【0023】請求項9に記載の発明によれば、上記実際換算EGR率と上記目標換算EGR率との偏差を算出する換算EGR率偏差算出手段と、前記偏差が上記EGR装置の故障を判断する基準値である所定の値より大きい場合には、上記EGR装置が故障していると判断する第2の故障判断手段とを具備することを特徴とする請求項8に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0024】請求項9に記載のEGR装置付き内燃機関は、実際換算EGR率と目標換算EGR率との偏差を算出し、偏差が所定の値より大きい場合にEGR装置が故障していると判断するために、EGR装置の故障の判断が正確に行われる。

【0025】請求項10に記載の発明によれば、上記換算EGR率制御手段は、上記実際換算EGR率と上記目標換算EGR率とに基づいて、前記実際換算EGR率が前記目標換算EGR率に近づくように上記EGR制御弁の開度をフィードバック制御することを特徴とする請求項8に記載のEGR装置付き内燃機関が提供される。

【0026】請求項10に記載のEGR装置付き内燃機関は、実際換算EGR率と目標換算EGR率とに基づいて、EGR制御弁の開度のフィードバック制御を行うために、EGR制御弁の開度は、作動中、常に所望の値に制御される。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づき、本発明のEGR装置付き内燃機関を説明する。まず、本発明のEGR装置付き内燃機関の第一の実施形態を詳細に説明する。図1は、本発明のEGR装置付き内燃機関の第一の実施形態の概略構成図である。図1において、10はディーゼルエンジン、12は吸気通路、14は排気通路を示している。EGR装置は、エンジン10の排気の一部を吸気通路12のサージタンク（図示せず）に還流させるために、排気通路14と吸気通路12のサージタンクとを接続するEGR通路16、及びEGR通路16上に設けられたEGR制御弁18とを備えている。図1に20で示すのは、EGR制御弁18を駆動するEGR制御弁駆動部であり、例えば、負圧アクチュエータ、ステッパモータ等の適宜な形式のEGRアクチュエータである。後述するように、エンジン10のECU（制御回路）30は、エンジン10の燃料噴射量およびエンジン回転数等のエンジン10の運転状態に応じてEGR制御弁駆動部20を駆動し、EGR制御弁18の開度を調節する。これにより、排気通路14からEGR通路16を

通って吸気通路12に還流するEGRガスの量が制御される。

【0028】図1に30で示すのは、エンジン10のECU(制御回路)である。ECU30は、ROM(リードオンリメモリ)、RAM(ランダムアクセスメモリ)、CPU(マイクロプロセッサ)、及び入力ポート、出力ポートを相互に双方向性バスで接続した公知の形式のデジタルコンピュータとして構成されている。ECU30は、エンジン10の燃料噴射制御等の基本制御を行う他、EGR制御弁18の開度を制御するEGR制御や、ダイアグノーシス(故障診断装置)32による故障警告表示の制御等の各制御を行う。

【0029】これらの制御のために、ECU30の入力ポートには、アクセルペダル(図示せず)に設けたアクセル開度センサ26からのアクセル開度 θ (運転者のアクセルペダル踏み込み量)に応じた電圧信号、吸気通路12内に設けた吸気酸素濃度センサ22からの吸気酸素濃度 x に応じた電圧信号、及び排気通路14内に設けた排気酸素濃度センサ24からの排気酸素濃度 C に応じた電圧信号が、それぞれマルチプレクサ内蔵型のAD変換器(図示せず)を経由して入力されている。上記各センサからのアナログ電圧信号は、ECU30により一定時間毎に実行されるAD変換ルーチンによりデジタル信号に入力され、ECU30のRAMに格納されている。

又、上記の他、入力ポートには、エンジンのクランク軸(図示せず)に配置された回転数センサ28からエンジン10の回転数 NE を表すパルス信号が入力されている。CPUは、一定時間毎に入力する回転数パルス周波数からエンジン回転数 NE を算出し、RAMに格納する。吸気酸素濃度 x 、排気酸素濃度 C 、アクセル開度 θ 及びエンジン回転数 NE の各データは、一定時間毎に更新され、RAMには常にこれらのデータの最新の値が格納されている。

【0030】ECU30の出力ポートは、EGR制御弁18のEGR制御弁駆動部20に駆動回路(図示せず)を介して接続され、EGR制御弁18の開度制御が行われる。又、ECU30の出力ポートはダイアグノーシス(故障診断装置)32に接続され、ダイアグノーシス32はEGR装置の故障診断を行う。

【0031】本実施形態では、エンジン10の要求噴射量 Q は、アクセル開度 θ とエンジン回転数 NE とにより算出される。図2は、アクセル開度 θ とエンジン回転数 NE とから要求噴射量 Q を算出する要求噴射量算出用マップである。図2の縦軸は要求噴射量 Q を、横軸はエンジン回転数 NE を示し、図中の各線は、アクセル開度 θ が一定の場合の要求噴射量 Q を示している。図2に示すように、要求噴射量 Q は、エンジン回転数 NE が同一であればアクセル開度 θ が大きい程大きい値をとり、アクセル開度 θ が同一であればエンジン回転数 NE が低い程大きな値をとるように設定される。図2の各要求噴射量

Q の値は、 NE と θ とをパラメータとして用いた数値マップの形で予めECU30のROMに格納されており、ECU30は、検出したエンジン回転数 NE とアクセル開度 θ との値に基づいて、この数値マップから要求噴射量 Q の値を設定する。

【0032】更に、目標EGR率、つまり目標とされるEGR率は、上述した要求噴射量 Q とエンジン回転数 NE とから算出される。図3は、エンジン回転数 NE と要求噴射量 Q とから目標EGR率を算出する目標EGR率算出用マップである。図3の縦軸は要求噴射量 Q を、横軸はエンジン回転数 NE を示し、図中の R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 は、所定の値の目標EGR率を示す。ここで、 R_1 、 R_2 、 R_3 及び R_4 は、 $R_1 > R_2 > R_3 > R_4$ の関係を有する。図3の各目標EGR率の値は、要求噴射量 Q と回転数 NE とをパラメータとして用いた数値マップの形で予めECU30のROMに格納されており、ECU30は、要求噴射量 Q とエンジン回転数 NE との値に基づいて、この数値マップから目標EGR率の値を設定する。

【0033】次に、第一の実施形態のEGR装置の制御について説明する。図4は、本発明のEGR装置付き内燃機関の第一の実施形態のEGR装置の制御フローチャートである。EGR装置の制御が開始されると(ステップ200)、まず図1のアクセル開度センサ26と回転数センサ28とによってアクセル開度 θ とエンジン回転数 NE とが検出される(ステップ202)。続いて、上述した図2を使用して、アクセル開度 θ とエンジン回転数 NE とから要求噴射量 Q が算出される(ステップ204)。続いて、上述した図3を使用して、要求噴射量 Q とエンジン回転数 NE とから目標EGR率が算出される(ステップ206)。

【0034】続いて、図1の排気酸素濃度センサ24により、排気酸素濃度 C が検出される(ステップ208)。排気酸素濃度センサ24の出力値である排気酸素濃度 C は、実際空気過剰率 λ (エンジンの空燃比)と一対一に対応しているため、実際空気過剰率 λ は、排気酸素濃度 C から算出される(ステップ210)。続いて、図1の吸気酸素濃度センサ22により、吸気酸素濃度 x が検出される(ステップ212)。吸気酸素濃度 x は、後述するように変換され、実際のEGR率と空気過剰率との比である実際換算EGR率が算出される(ステップ214)。

【0035】以下、図5及び図6を参照して、吸気酸素濃度 x から実際換算EGR率が算出される方法を詳細に説明する。図5及び図6は、還流、つまりEGRガスがEGR通路を介して吸気通路まで戻されることが、十分に行われた状態の吸気量と吸気中の酸素量とを、EGR率 R 、空気過剰率 λ 等で示すことを目的とする。図5は、還流回数が0回、1回、2回、 n 回、及び定常状態($n \rightarrow \infty$ の状態)における、単位燃料量当たりの吸気量

(Nm^3/kg)と、単位燃料量当たりの排気量(Nm^3/kg)とを示す。ここで、 λ は空気過剰率であり、 L_0 は、単位燃料量当たりの理論空気量(Nm^3/kg)、つまり1kgの燃料が完全燃焼するのに必要な量の酸素を含む空気量であり、 R はEGR率であり、 a は大気中の酸素濃度であり、 b は単位燃料量当たりの CO_2 及び H_2O の生成量(Nm^3/kg)である。

【0036】還流回数が0回の際に、エンジンには、理論空気量 L_0 に空気過剰率 λ を乗じた λL_0 の新気が吸入される。 λL_0 の新気が燃焼されると、燃焼に使用されない $(\lambda-1)L_0$ の空気と、残りの空気 L_0 のうちの燃焼に使用されなかった空気(O_2 以外の成分)である $(1-a)L_0$ と、燃焼により生成した CO_2 及び H_2O である b とが排出される $((\lambda-1)L_0 + (1-a)L_0 + b = (\lambda-a)L_0 + b)$ 。続いて、排気 $((\lambda-a)L_0 + b)$ のうちのEGR率分だけが、図1のEGR通路16を介して吸気通路12まで還流される。この状態、つまり還流回数が1回の状態で、エンジンに吸入される吸気量は、新たな新気の量である λL_0 と、EGRガスの量である $R((\lambda-a)L_0 + b)$ との合計量 $(\lambda L_0 + R((\lambda-a)L_0 + b))$ になる。燃焼後の排気量は、同様に算出されて、 $(1+R)((\lambda-a)L_0 + b)$ になる。同様に、還流回数が2回の際の、吸気量は $(\lambda L_0 + R(1+R)((\lambda-a)L_0 + b))$ に、排気量は $(1+R+R^2)((\lambda-a)L_0 + b)$ になり、還流回数が n 回の際の、吸気量は $(\lambda L_0 + R(1+R+\dots+R^{n-1}))((\lambda-a)L_0 + b)$ に、排気量は $(1+R+\dots+R^n)((\lambda-a)L_0 + b)$ になり、定常($n \rightarrow \infty$)状態では、吸気量は $(\lambda L_0 + (R/(1-R))((\lambda-a)L_0 + b))$ になり、排気量は $(1/(1-R))((\lambda-a)L_0 + b)$ になる。

【0037】図6は、還流回数が0回、1回、2回、 n 回、及び定常状態における、単位燃料量当たりの吸気中の酸素量(Nm^3/kg)と、単位燃料量当たりの排気中の酸素量(Nm^3/kg)とを示す。図5と同様に、 λ は空気過剰率であり、 L_0 は、単位燃料量当たりの理論空気量(Nm^3/kg)、つまり1kgの燃料が完全燃焼するのに必要な量の酸素を含む空気量であり、 R はEGR率であり、 a は大気中の酸素濃度であり、 b は単位燃料量当たりの CO_2 及び H_2O の生成量(Nm^3/kg)である。

【0038】還流回数が0回の際に、エンジンには、理論空気量 L_0 に空気過剰率 λ を乗じた λL_0 の新気が吸入され、吸気中の酸素量は $a\lambda L_0$ である。 λL_0 の新気が燃焼されると、燃焼に使用されない空気 $(\lambda-1)L_0$ 中の酸素量 $a(\lambda-1)L_0$ が、排気中の酸素量になる。続いて、図5に示すように、排気 $((\lambda-a)L_0 + b)$ のうちのEGR率分だけが、EGR通路16を介して吸気通路12に還流され(図1)、還流回数が1

回の際に、エンジンに吸入される吸気中の酸素量は、新気中の酸素量である $a\lambda L_0$ と、EGRガス中の酸素量 $Ra(\lambda-1)L_0$ との合計量 $(a\lambda L_0 + Ra(\lambda-1)L_0)$ になる。燃焼後の排気中の酸素量は、同様に算出されて、 $(1+R)a(\lambda-1)L_0$ になる。同様に、還流回数が2回の際の、吸気中の酸素量は $(a\lambda L_0 + R(1+R)a(\lambda-1)L_0)$ に、排気中の酸素量は $(1+R+R^2)a(\lambda-1)L_0$ になり、還流回数が n 回の際の、吸気中の酸素量は $(a\lambda L_0 + R(1+R+\dots+R^{n-1}))a(\lambda-1)L_0$ に、排気中の酸素量は $(1+R+\dots+R^n)a(\lambda-1)L_0$ になり、定常状態では、吸気中の酸素量は $(a\lambda L_0 + (R/(1-R))a(\lambda-1)L_0)$ になり、排気中の酸素量は $(1/(1-R))a(\lambda-1)L_0$ になる。

【0039】以上のようにして得られた定常状態の吸気量 $(\lambda L_0 + (R/(1-R))((\lambda-a)L_0 + b))$ 及び吸気中の酸素量 $(a\lambda L_0 + (R/(1-R))a(\lambda-1)L_0)$ と、図1の吸気酸素濃度センサ22によって得られた吸気酸素濃度 x とから、関係式(吸気酸素濃度 x) = (吸気中の酸素量 $(a\lambda L_0 + (R/(1-R))a(\lambda-1)L_0)$) / (吸気量 $(\lambda L_0 + (R/(1-R))((\lambda-a)L_0 + b))$)が得られる。更に、この式を変形することにより、実際換算EGR率 (R/λ) と吸気酸素濃度 x との関係式 $(R/\lambda) = ((a-x)L_0) / (aL_0 + (b-aL_0)x)$ が得られる。

【0040】図4に戻り、上述した式 $(R/\lambda) = ((a-x)L_0) / (aL_0 + (b-aL_0)x)$ を使用して、ステップ212で検出された吸気酸素濃度 x から実際換算EGR率が算出される(ステップ214)。この場合、式 $(R/\lambda) = ((a-x)L_0) / (aL_0 + (b-aL_0)x)$ (双曲線を示す)を使用するかわりに、図7に示すような、直線に近似された関係式 $(R/\lambda) = px + q$ (p, q は定数)を使用することも可能である。なお、図7は、吸気酸素濃度と実際換算EGR率との関係を示すグラフである。

【0041】続いて、ステップ210で得られた実際空気過剰率 λ と、ステップ214で得られた実際換算EGR率とを使用して、実際EGR率が算出される(ステップ216)。

【0042】続いて、ステップ218では、ダイアグノーシス(故障診断装置)にて、EGR装置の故障の判断が行われ、予め設定された故障判断値と、実際EGR率と目標EGR率との差の絶対値とが比較される。実際EGR率と目標EGR率との差の絶対値が故障判断値より大きい場合には、EGR装置は故障していると判断され、ダイアグノーシス(図示せず)は、EGR装置が故障している旨の警告表示を行い(ステップ220)、実際EGR率と目標EGR率との差の絶対値が故障判断値以下の場合には、ダイアグノーシスは警告を行わない。

【0043】続いて、ステップ206で得られた目標EGR率と、ステップ216で得られた実際EGR率とが比較される(ステップ222)。目標EGR率と実際EGR率とが等しい場合には、EGR制御弁は駆動されず、EGR制御弁の開度はそのまま維持される。目標EGR率と実際EGR率とが異なる場合には、EGR制御弁が駆動され、EGR制御弁の開度が調節される(ステップ224)。詳細には、実際EGR率が目標EGR率より大きい場合には、EGR制御弁は、開度が小さくなるように駆動され、実際EGR率が目標EGR率より小さい場合には、EGR制御弁は、開度が大きくなるように駆動される。

【0044】以上の制御が終了すると、ステップ200まで戻り(ステップ226)、EGR装置の制御は、上述したようなステップを、エンジンが停止されるまで繰り返す。

【0045】以下、本発明のEGR装置付き内燃機関の第二の実施形態を説明する。第二の実施形態の構成を、図1を使用して説明するが、図1において、第二の実施形態の構成と第一の実施形態の構成とで異なる点は、第二の実施形態は排気酸素濃度センサ24を有さない点であり、その他の構成は、第一の実施形態と第二の実施形態とで共通である。

【0046】ECU30の入力ポートには、アクセルペダル(図示せず)に設けたアクセル開度センサ26からのアクセル開度 θ (運転者のアクセルペダル踏み込み量)に応じた電圧信号、及び吸気通路12内に設けた吸気酸素濃度センサ22からの吸気酸素濃度 x に応じた電圧信号が、それぞれマルチプレクサ内蔵型のAD変換器(図示せず)を経由して入力されている。上記各センサからのアナログ電圧信号は、ECU30により一定時間毎に実行されるAD変換ルーチンによりデジタル信号に入力され、ECU30のRAMに格納されている。又、上記の他、入力ポートには、エンジンのクランク軸(図示せず)に配置された回転数センサ28からエンジン10の回転数NEを表すパルス信号が入力されている。CPUは、一定時間毎に入力する回転数パルス周波数からエンジン回転数NEを算出し、RAMに格納する。吸気酸素濃度 x 、アクセル開度 θ 及びエンジン回転数NEの各データは、一定時間毎に更新され、RAMには常にこれらのデータの最新の値が格納されている。

【0047】第二の実施形態では、第一の実施形態と異なり、目標EGR率の代わりに、目標換算EGR率、つまり目標とされるEGR率と空気過剰率との比が、上述した要求噴射量Qとエンジン回転数NEとから算出される。図8は、エンジン回転数NEと要求噴射量Qとから目標換算EGR率を算出する目標換算EGR率算出用マップである。図8の縦軸は要求噴射量Qを、横軸はエンジン回転数NEを示し、図中の $(R/\lambda)_1$ 、 $(R/\lambda)_2$ 、 $(R/\lambda)_3$ 、 $(R/\lambda)_4$ は、所定の値の目

標換算EGR率を示す。ここで、 $(R/\lambda)_1$ 、 $(R/\lambda)_2$ 、 $(R/\lambda)_3$ 及び $(R/\lambda)_4$ は、 $(R/\lambda)_1 > (R/\lambda)_2 > (R/\lambda)_3 > (R/\lambda)_4$ の関係を有する。図8の各目標換算EGR率の値は、要求噴射量Qと回転数NEとをパラメータとして用いた数値マップの形で予めECU30(図1)のROMに格納されており、ECU30は、要求噴射量Qとエンジン回転数NEとの値に基づいて、この数値マップから目標EGR率の値を設定する。

【0048】次に、第二の実施形態のEGR装置の制御について説明する。図9は、本発明のEGR装置付き内燃機関の第二の実施形態のEGR装置の制御フローチャートである。EGR装置の制御が開始されると(ステップ300)、第一の実施形態の場合と同様に、図1のアクセル開度センサ26と回転数センサ28とによってアクセル開度 θ とエンジン回転数NEとが検出され(ステップ302)、続いて、上述した図2を使用して、アクセル開度 θ とエンジン回転数NEとから要求噴射量Qが算出される(ステップ304)。続いて、上述した図8を使用して、要求噴射量Qとエンジン回転数NEとから目標換算EGR率が算出される(ステップ306)。

【0049】続いて、図1の吸気酸素濃度センサ22により、吸気酸素濃度 x が検出される(ステップ308)。吸気酸素濃度 x は、図5～図7を参照して第一の実施形態で説明したように変換され、実際のEGR率と空気過剰率との比である実際換算EGR率が算出される(ステップ310)。

【0050】続いて、ステップ312では、ダイアグノーシス(故障診断装置)にて、EGR装置の故障の判断が行われ、予め設定された故障判断値と、実際換算EGR率と目標換算EGR率との差の絶対値とが比較される。実際換算EGR率と目標換算EGR率との差の絶対値が故障判断値より大きい場合には、EGR装置は故障していると判断され、ダイアグノーシス(図示せず)は、EGR装置が故障している旨の警告表示を行い(ステップ314)、実際換算EGR率と目標換算EGR率との差の絶対値が故障判断値以下の場合には、ダイアグノーシスは警告を行わない。

【0051】続いて、ステップ306で得られた目標換算EGR率と、ステップ310で得られた実際換算EGR率とが比較される(ステップ316)。目標換算EGR率と実際換算EGR率とが等しい場合には、EGR制御弁は駆動されず、EGR制御弁の開度はそのまま維持される。目標換算EGR率と実際換算EGR率とが異なる場合には、EGR制御弁が駆動され、EGR制御弁の開度が調節される(ステップ318)。詳細には、実際換算EGR率が目標換算EGR率より大きい場合には、EGR制御弁は、開度が小さくなるように駆動され、実際換算EGR率が目標換算EGR率より小さい場合には、EGR制御弁は、開度が大きくなるように駆動され

る。

【0052】以上の制御が終了すると、ステップ300まで戻り（ステップ320）、EGR装置の制御は、上述したようなステップを、エンジンが停止されるまで繰り返す。

【0053】

【発明の効果】請求項1～4に記載の発明によれば、時定数大きい温度センサを有さないために、内燃機関の過渡運転時でも応答良く実際換算EGR率を得ることができ、排気中のNO_xやスモークの少ない燃焼を行うことが可能になる。更に、実際換算EGR率を得るための検出手段として酸素濃度検出手段のみを具備するために、複数の検出手段を有する場合のように検出誤差が累積されない。それゆえ、システムコストを低くすることが可能になり、かつEGR率又はEGR量を正確に検出可能になる。

【0054】請求項5、7、8及び10に記載の発明によれば、EGR制御弁の開度を所望の値に制御することが可能になる。

【0055】請求項6及び9に記載の発明によれば、EGR装置の故障を正確に判断することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のEGR装置付き内燃機関の第一の実施形態の概略構成図である。

【図2】アクセル開度とエンジン回転数とから要求噴射

量を算出する要求噴射量算出用マップである。

【図3】エンジン回転数と要求噴射量とから目標EGR率を算出する目標EGR率算出用マップである。

【図4】本発明のEGR装置付き内燃機関の第一の実施形態のEGR装置の制御フローチャートである。

【図5】所定の回数だけ還流が行われた際の単位燃料量当たりの吸気量及び単位燃料量当たりの排気量を数式で表した図である。

【図6】所定の回数だけ還流が行われた際の単位燃料量当たりの吸気中の酸素量及び単位燃料量当たりの排気中の酸素量を数式で表した図である。

【図7】吸気酸素濃度と実際換算EGR率との関係を示すグラフである。

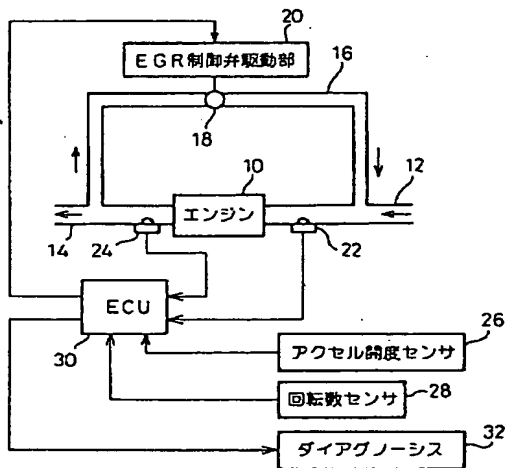
【図8】得られたエンジン回転数と要求噴射量とから目標換算EGR率を算出する目標換算EGR率算出用マップである。

【図9】本発明のEGR装置付き内燃機関の第二の実施形態のEGR装置の制御フローチャートである。

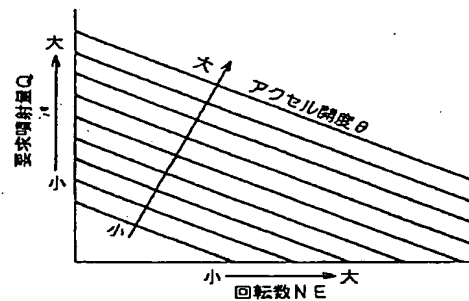
【符号の説明】

- 10…エンジン
- 12…吸気通路
- 14…排気通路
- 16…EGR通路
- 22…吸気酸素濃度センサ

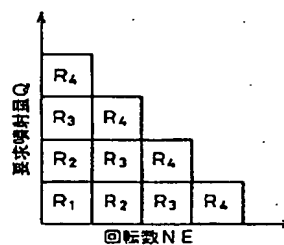
【図1】



【図2】

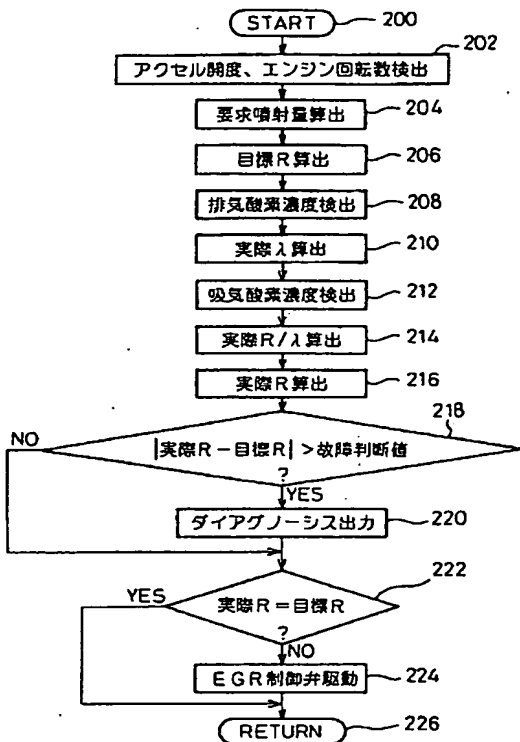


【図3】



R…目標EGR率
R₁>R₂>R₃>R₄

【図4】

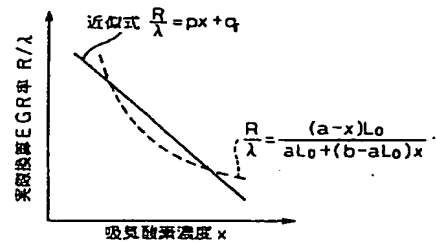


【図5】

還流回数	単位燃料量当たりの吸気量 (Nm ³ /kg)	単位燃料量当たりの排気量 (Nm ³ /kg)
0	λL_0	燃焼 $(\lambda - a)L_0 + b$
1	$\lambda L_0 + R((\lambda - a)L_0 + b)$	還流 $(1 + R)((\lambda - a)L_0 + b)$
2	$\lambda L_0 + R(1 + R)((\lambda - a)L_0 + b)$	$(1 + R + R^2)((\lambda - a)L_0 + b)$
⋮	⋮	⋮
n	$\lambda L_0 + R(1 + R + \dots + R^{n-1})((\lambda - a)L_0 + b)$	$(1 + R + \dots + R^n)((\lambda - a)L_0 + b)$
定常状態	$\lambda L_0 + (R/(1 - R))((\lambda - a)L_0 + b)$	$(1/(1 - R))((\lambda - a)L_0 + b)$

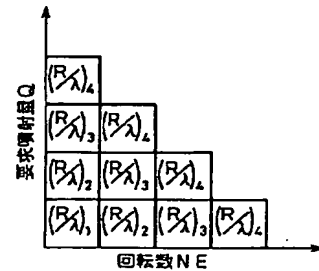
λ … 空気過剰率
 L_0 … 単位燃料量当たりの理論空気量 (Nm³/kg)
 R … EGR率
 a … 大気中の酸素濃度
 b … 単位燃料量当たりのCO₂及びH₂Oの生成量 (Nm³/kg)

【図7】



R … EGR率
 λ … 空気過剰率
 R/λ … 実際換算EGR率
 x … 吸気酸素濃度
 L_0 … 単位燃料量当たりの理論空気量 (Nm³/kg)
 a … 大気中の酸素濃度
 b … 単位燃料量当たりのCO₂及びH₂Oの生成量 (Nm³/kg)
 p, q … 定数

【図8】



R/λ … 目標換算EGR率

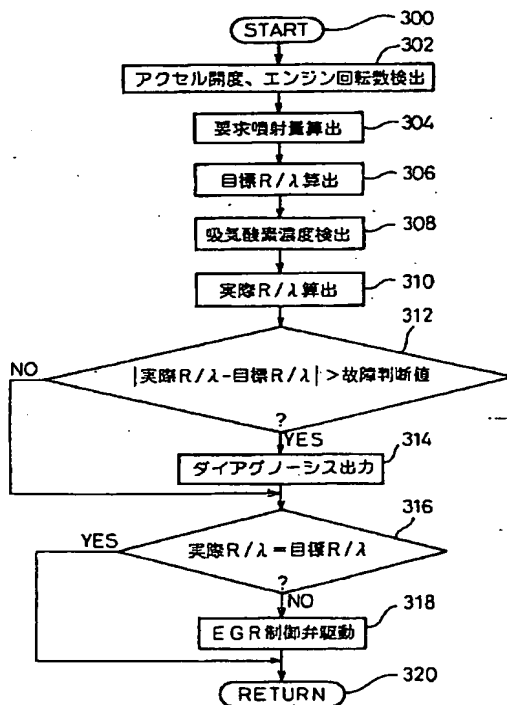
$$(R/\lambda)_1 > (R/\lambda)_2 > (R/\lambda)_3 > (R/\lambda)_4$$

【図6】

還流回数	単位燃料量当たりの 吸気中の酸素量 (Nm ³ /kg)	単位燃料量当たりの 排気中の酸素量 (Nm ³ /kg)
0	$a\lambda L_0$	燃焼 $a(\lambda-1)L_0$
1	$a\lambda L_0 + Ra(\lambda-1)L_0$	還流 $(1+R)a(\lambda-1)L_0$
2	$a\lambda L_0 + R(1+R)a(\lambda-1)L_0$	$(1+R+R^2)a(\lambda-1)L_0$
⋮	⋮	⋮
n	$a\lambda L_0 + R(1+R+\dots+R^{n-1})a(\lambda-1)L_0$	$(1+R+\dots+R^n)a(\lambda-1)L_0$
定常状態	$a\lambda L_0 + (R/(1-R))a(\lambda-1)L_0$	$(1/(1-R))a(\lambda-1)L_0$

λ … 空気過剰率
 L_0 … 単位燃料量当たりの理論空気量 (Nm³/kg)
 R … EGR率
 a … 大気中の酸素濃度
 b … 単位燃料量当たりのCO₂及びH₂Oの生成量 (Nm³/kg)

【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.